

# Pneumática

## \* Revisão Mec Flu

### - Pressão em Superfície e Hidrostática

•  $P$  - pressão ( $N/m^2$  ou  $Pa$ )

•  $F_n$  - força normal ( $N$ )

•  $A$  - área da superfície ( $m^2$ )

•  $\rho$  - massa específica ( $kg/m^3$ )

•  $g$  - gravidade ( $m/s^2$ )

•  $h$  - altura ( $m$ )

$$P = \frac{F_n}{A} \quad \text{Pressão em superfície}$$

$$P = \rho g h \quad \text{Pressão hidrostática}$$

### - Vazão volumétrica ( $Q_v$ )

•  $Q_v$  - vazão volumétrica ( $m^3/s$ )

•  $V$  - volume ( $m^3$ )

•  $t$  - tempo ( $s$ )

$$Q_v = \frac{V}{t}$$

### - Número de Reynolds

•  $Re$  - número de Reynolds

•  $\rho$  - massa específica ( $kg/m^3$ )

•  $V_m$  - velocidade média ( $m/s$ )

•  $D$  - diâmetro interno do tubo ( $m$ )

•  $\mu$  - viscosidade dinâmica ( $kg/m \cdot s$ )

•  $\nu$  - viscosidade cinemática ( $m^2/s$ )

$$Re = \frac{\rho \cdot V_m \cdot D}{\mu} = \frac{V_m \cdot D}{\nu}$$

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

## - Energia cinética ( $E_k$ )

- $m$  = massa do fluido (m)
- $V$  = velocidade do fluido (m/s)
- $E_k$  = energia cinética (J)

$$E_k = \frac{mV^2}{2}$$

## - Energia potencial ( $E_p$ )

- $m$  = massa do corpo (m)
- $g$  = gravidade (m/s<sup>2</sup>)
- $h$  = altura em relação a um ponto (m)
- $E_p$  = energia potencial (J)

$$E_p = mgh$$

## • Riscos e Segurança

### - Sistemas Hidráulicos

- Colapso estrutural = falhas no dimensionamento de punais ou ângulos de atuação podem causar acidentes graves

- Danos aos operadores = exposição a punais e eixos e vazamentos de fluidos

- Dimensionamento adequado = cálculos precisos garantem que o sistema opere dentro dos limites seguros

- Manutenção regular = inspeção de válvulas, tubulações e reservatórios



## - Sistemas pneumáticos

- Altas velocidades - processos pneumáticos podem envolver movimentos de alta velocidade, que podem resultar em lesões graves
- Exposições ou falhas - falhas no retorno de compressão ou liberação de pressão podem ser catastróficos
- Reguladores de pressão - controla o fluxo da pressão de ar comprimido para garantir operações seguras
- Desaceleradores - equipamentos para controlar a velocidade dos atuadores evitando movimentos excessivamente rápidos

## Dimensionamento e Perdas de Carga

### - Perdas de Carga:

#### • Em tubulações

- Todo fluido em movimento sofre resistência devido à rugosidade interna da tubulação
  - o atrito gera aumento de temperatura no fluido e no tubo
  - parte da pressão é convertida em calor, resultando em perda de carga
  - a pressão final será sempre menor do que a gerada pela bomba
- ▽ a energia de pressão se transforma em energia térmica, reduzindo a pressão ao longo do escoamento
- ▽ em sistemas hidráulicos, as perdas são maiores devido à viscosidade do fluido. Já na pneumática, os vazamentos são a principal causa de perda

▽ as singularidades ou componentes de uma tubulação (como válvulas, cotovelos, curvos, conexões, etc) introduzem obstáculos, ocasionam mudanças no fluxo do fluido o que resulta em mudanças bruscas na velocidade do fluxo, no tipo de fluxo (laminar ou turbulento), além de aumentarem o atrito e causar dissipação de energia

## \* Dimensionamento da Perda de Carga

### - Pressão (P)

- com a pressão do sistema, podemos calcular a área do êmbolo e determinar a força de avanço do êmbolo

$$P \cdot \frac{F_{\text{avanço}}}{A_{\text{end cilindro}}}$$

$$P \cdot \mu \cdot g \cdot h$$

$$A_{\text{end cilindro}} = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4}$$

D = diâmetro do êmbolo

d = diâmetro da haste

$$L \text{ Pa} = L \text{ N/m}^2$$

$$L \text{ atm} = L 01325 \text{ Pa}$$

$$L \text{ KgF/cm}^2 = 98066,5 \text{ Pa}$$

$$L \text{ KgF} = L \text{ N} \cdot g = 9,80665 \text{ N}$$

$$L \text{ bar} = L 1,7 \text{ psi}$$

$$L \text{ Pa} = \frac{x \text{ psi}}{0,0015}$$

$$L \text{ atm} = L \text{ KgF/cm}^2 = L \text{ bar}$$

$$1 \text{ psi} = 1 \text{ lbf/in}^2$$

$$L \text{ lb} = 0,454 \text{ Kg}$$

$$L \text{ in} = 0,0254 \text{ m}$$

Diâmetro do cilindro mm (in)	Diâmetro da haste mm (in)	Relação $(D^2 - d^2)$ mm <sup>2</sup> (pd <sup>2</sup> )
38,1 mm (1 1/2")	15,9 mm (5/8")	1198,8 mm <sup>2</sup> (1,80 pd <sup>2</sup> )
	25,4 mm (1")	800,45 mm <sup>2</sup> (1,25 pd <sup>2</sup> )
	25,4 mm (1")	1935,48 mm <sup>2</sup> (3 pd <sup>2</sup> )
50,8 mm (2")	34,9 mm (1 3/8")	1362,63 mm <sup>2</sup> (2,11 pd <sup>2</sup> )
	25,4 mm (1")	3387,09 mm <sup>2</sup> (5,25 pd <sup>2</sup> )
63,5 mm (2 1/2")	34,9 mm (1 3/8")	2814,24 mm <sup>2</sup> (4,30 pd <sup>2</sup> )
	44,5 mm (1 3/4")	2062 mm <sup>2</sup> (3,18 pd <sup>2</sup> )
82,6 mm (3 1/4")	34,9 mm (1 3/8")	5004,75 mm <sup>2</sup> (8,69 pd <sup>2</sup> )
	44,5 mm (1 3/4")	4842,51 mm <sup>2</sup> (7,51 pd <sup>2</sup> )
	50,8 mm (2")	4242,12 mm <sup>2</sup> (6,58 pd <sup>2</sup> )
101,6 mm (4")	44,5 mm (1 3/4")	8342,31 mm <sup>2</sup> (12,93 pd <sup>2</sup> )
	50,8 mm (2")	7741,92 mm <sup>2</sup> (12 pd <sup>2</sup> )
	63,5 mm (2 1/2")	6290,31 mm <sup>2</sup> (9,75 pd <sup>2</sup> )



## - Vazão (Q)

- a vazão volumétrica é uma medida que representa o volume de fluido que passa por uma seção transversal em um determinado intervalo de tempo

Q = vazão volumétrica (L/s ou m³/h)      m³ = 1000 L

V = volume da tubulação (L ou m³)

t = tempo (s)

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{\pi R^2 h}{t} \cdot v \cdot A$$

v = velocidade do fluido (m/s)

A = área da seção transversal (m²)

$$V_{\text{cilindro}} = A_b \cdot h = \pi R^2 h$$

## - Velocidade do fluido (v)

- o dimensionamento de uma tubulação hidráulica para operar em regime laminar deve seguir recomendações de velocidade que são indicadas por fornecedores

Tubulação	Pressão (bar)			
	20	50	100	> 200
de pressão	300 $\frac{\text{cm}}{\text{s}}$	400 $\frac{\text{cm}}{\text{s}}$	500 $\frac{\text{cm}}{\text{s}}$	600 $\frac{\text{cm}}{\text{s}}$
de retorno	300 $\frac{\text{cm}}{\text{s}}$			
de sucção	100 $\frac{\text{cm}}{\text{s}}$			

- se a pressão estiver entre os valores da tabela, devemos interpretar a velocidade correspondente.

## Diâmetro mínimo da tubulação (dt)

$$dt = \sqrt{\frac{Q}{0,015 \pi \cdot v}}$$

Q • vazão do sistema (L/min)

v • velocidade recomendada p/ tubulação (cm/s)

dt • diâmetro interno da tubulação (cm)

0,015 • fator de conversão

- ao calcular o diâmetro mínimo da tubulação, devemos arredá-lo para o valor comercial mais próximo acima do calculado, conforme catálogos

## - Perda de carga ( $\Delta P$ )

- a perda de carga representa a perda de energia no deslocamento do fluido pelos dutos

$$\Delta P = \psi \cdot \frac{5 \cdot L_t \cdot \rho \cdot v^2}{dt \cdot 10^{10}}$$

$\Delta P$  • perda de carga (kgf/cm<sup>2</sup>)

$\psi$  • fator de atrito

$L_t$  • comprimento equivalente total ( $L_s + L_i$ )

$L_i$  • comprimento da tubulação em linha reta

$L_s$  • comprimento equivalente das singularidades

$\rho$  • massa específica do fluido (kgf/m<sup>3</sup>)

sendo igual a 884,1 kgf/m<sup>3</sup> para óleo SAE-10

v • velocidade de escoamento do fluido



## - Fator de atrito ( $\psi$ )

- o fator de atrito ( $\psi$ ) depende da temperatura do fluido e do rugosidade interna da tubulação - quanto mais rugoso, maior resistência ao escoamento. Para facilitar o cálculo, são adotados os seguintes fatores:

Fator de atrito ( $\psi$ )	$64/Re$	para tubos rígidos e temperatura constante
	$75/Re$	para tubos rígidos e temperatura variável
	$90/Re$	para tubos flexíveis e temperatura variável

# Válvulas de Controle



## - Funções

1. Direcionar o fluxo - permitem que o fluido se mova em diferentes direções dentro do sistema, dependendo da posição da válvula
2. Bloquear o fluxo - podem interromper completamente o fluxo quando necessário
3. Permitir múltiplos caminhos - algumas válvulas têm vários vias ou posições para distribuir o fluido para diferentes partes do sistema
4. Controle de segurança - garantem que o fluxo e a pressão sejam adequadamente distribuídos


# - Tipos de Acionamento e Retorno


1. Manual = o operador movimenta a válvula diretamente


 botão . . .  pedal


 alavanca  roda

2. Mecânico = acionamento feito por meio de dispositivos mecânicos

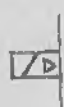
 pino

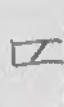
 gatilho

 rolete


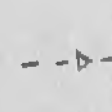
 mola

3. Elétrico = utilizam solenóides para movimentar a válvula

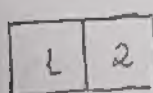
 servopisto

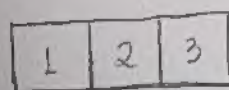
 solenóide

3. Pneumático = usam pressão de ar comprimido para acionar a válvula


  piloto positivo

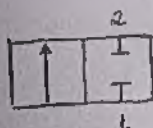
- Posições, vias, estado e conexões

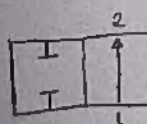
 = com 2 posições

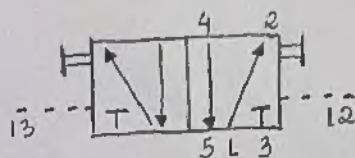
 = com 3 posições

T • L via

 • 2 vias

 = NF



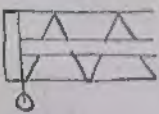
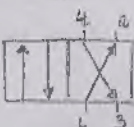
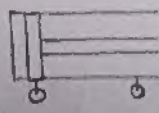
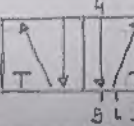
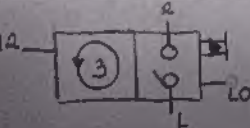
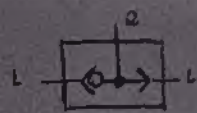
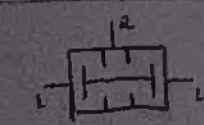
 = NA



Pressão	L
Exaustão	3 e 5
Saída	2 e 4
Pilotagem	L0, 12 e L4



# • Simbologia

	<p>- Alimentação de energia ↳ associado a compressores ou bombas</p>		<p>Válvula direcional 3/2 vias, NF</p>
	<p>- Atuadores de simples ação ↳ necessitam de pressão para avançar, mas seu retorno é feito por mola</p>		<p>Válvula direcional 4/2 vias, NA</p>
	<p>- Atuadores de dupla ação ↳ avanço e retorno dependem de pressão</p>		<p>Válvula direcional 5/2 vias, NA</p>
	<p>- Cortador mecânico ↳ elemento lógico que libera a pressão de L para 2 quando o cilindro gira</p>		
	<p>- Válvula "O" ↳ permite que um equipamento seja acionado de dois lugares diferentes</p>		
	<p>- Válvula "E" ↳ dependem do acionamento simultâneo por um único</p>		

## Exemplo perda de carga

$$L_L = 10 \text{ m}$$

L. Interpolação da velocidade com base na tabela

$$P = 80 \text{ bar}$$

$$Q = 45 \text{ L/min}$$

$$= 750 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$\frac{80 - 50}{x - 400} = \frac{100 - 50}{500 - 400} \Rightarrow 100 \cdot 30 = 50(x - 400)$$

$$3000 = 50x - 20000$$

$$x = \frac{23000}{50} = 460 \text{ cm/s}$$

$$L_s = 3,80 \text{ m}$$

2. Encontrar a Área pela Vazão

$$Q = v \cdot A$$

$$45 = 460 \cdot A$$

$$A = \frac{45 \text{ L/min}}{460 \text{ cm/s}} = \frac{45 \cdot \left(\frac{1000 \text{ cm}^3}{60 \text{ s}}\right)}{460 \frac{\text{cm}}{\text{s}}} = 1,63 \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ cm}^3 = 0,001 \text{ L}$$

$$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

$$\frac{L}{\text{min}} \cdot \left(\frac{1000 \text{ cm}^3}{L}\right) \cdot \left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}\right)$$

$$= 16,67$$

3. Com a área descobre-se o diâmetro comercial (tabela) e área comercial

$$A = \pi R^2 = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,63}{\pi}}$$

$$D = 1,44 \text{ cm}$$

$$D_{\text{comercial}} = 1,90 \text{ cm}$$

$$A_{\text{comercial}} = \frac{\pi D_{\text{comercial}}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 1,90^2}{4}$$

$$= 2,84 \text{ cm}^2$$

4. Agora, com os dados obtidos encontrar a velocidade real do fluido

$$Q = v_{\text{real}} \cdot A_{\text{comercial}}$$

$$v_{\text{real}} = \frac{750 \text{ cm}^3/\text{s}}{2,84 \text{ cm}^2} = 264,08 \text{ cm/s}$$

5. Com a velocidade calculada inicialmente, "x", calculamos o diâmetro interno da tubulação (dt)

$$dt = \sqrt{\frac{Q}{0,015 \pi v}} = \sqrt{\frac{45}{0,015 \pi \cdot 460}}$$

$$dt = 1,44 \text{ cm}$$

$$dt = 1,90 \text{ cm}$$



6. Sabendo que se trata de um tubo flexível e com temperatura variável, encontramos o fator de atrito  $\psi$  por

$$\frac{90}{Re} \cdot \psi$$

$$\psi \cdot \frac{90}{1768,6} = 0,051$$

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} = \frac{v \cdot D}{\nu} = \frac{204,08 \cdot 1,90}{0,2837} = 1768,6$$

- considerando a viscosidade dinâmica do óleo SAE-LO igual a  $0,025 \text{ Pa} \cdot \text{s}$

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0,025}{881,1}$$

$$= 2,837 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s} = 0,2837 \text{ cm}^2/\text{s}$$

7. Agora calcula a perda de carga total ( $\Delta P$ )

válvula de controle = 5,5 bar

$$\Delta P = \psi \cdot \frac{5 L_t \cdot \rho \cdot v^2}{d t \cdot 10^{10}} = \frac{0,051 \cdot 5 \cdot 1380 \cdot 881,1 \cdot 204,08^2}{1,90 \cdot 10^{10}}$$

$$L_t = 10 + 3,80 \cdot 13,80 \text{ m}$$

$$\Delta P = 1,138 \text{ bar}$$

$$\Delta P_T = 5,5 + 1,138 = 6,638$$

$$P_{\text{real}} = 80 - 6,638 = 73,362 \text{ bar}$$